

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-191205

(43)Date of publication of application : 08.08.1988

(51)Int.Cl.

G05B 19/18

(21)Application number : 62-022498

(71)Applicant : FANUC LTD

(22)Date of filing : 04.02.1987

(72)Inventor : KAWAMURA HIDEAKI
FUJIBAYASHI KENTARO
KOZAI HARUHIKO

(54) SERVO DELAY CORRECTION SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To shorten the working time and to realize the correct reciprocating motions between target positions by increasing the feeding speed in response to the servo delay and having output of the shift command periods for going and coming-back motions respectively in a period that is decided by the shift value and a speed indicated from a program.

CONSTITUTION: The going or coming-back motion time is obtained by the command of a program and the shift command value is obtained for a period during which a coming-back motion command is outputted and the position deviation value is equal to zero. Then the next reciprocating motion speed is increased according to said shift command value and the going and coming-back actions are carried out just for the shift time. When the difference between the going or coming-back shift value of a servomotor and that commanded by the program is smaller than the prescribed value, the reciprocating motions are carried out for the shift time at the feeding speed of that time point thereafter. Thus the reciprocating motions are secured between target positions and no unprocessed part is produced.

⑫ 公開特許公報 (A)

昭63-191205

⑤ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 昭和63年(1988)8月8日

G 05 B 19/18

E-8225-5H

審査請求 有 発明の数 1 (全8頁)

⑭ 発明の名称 サーボ遅れ補正方式

⑰ 特 願 昭62-22498

⑱ 出 願 昭62(1987)2月4日

⑲ 発 明 者 川 村 英 昭 東京都日野市旭が丘3丁目5番地1 ファナック株式会社
商品開発研究所内⑲ 発 明 者 藤 林 謙 太 郎 東京都日野市旭が丘3丁目5番地1 ファナック株式会社
商品開発研究所内⑲ 発 明 者 香 西 治 彦 東京都日野市旭が丘3丁目5番地1 ファナック株式会社
商品開発研究所内

⑳ 出 願 人 ファナック株式会社 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

㉑ 代 理 人 弁理士 竹本 松司 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

サーボ遅れ補正方式

2. 特許請求の範囲

(1) 往復動作を固定サイクルで繰返し行う数値制

御方式において、プログラム指令より往動または復動に要する移動時間を求め、復動指令が出されてから位置偏差量がゼロになるまでの移動指令量を求め、該移動指令量に応じて次の往復動の送り速度を増加させ、上記移動時間だけ往動作、復動作を行わせ、サーボモータの往または復の移動量とプログラム指令の往または復の移動量との差が所定の量より小さくなると、その後はそのときの送り速度で上記移動時間の往復動作を行わせるサーボ遅れ補正方式。

(2) 上記サーボモータの往または復の移動量は当該往復動の送り速度と上記移動時間を乗じたものから当該往復動における上記移動指令量を減算したものである特許請求の範囲第1項記載のサーボ遅れ補正方式。

(3) 上記送り速度を増加させる場合、上記移動指令量の変動が少なくなったときに次の送り速度を増加させる特許請求の範囲第1項または第2項記載のサーボ遅れ補正方式。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、固定サイクルで往復動作を繰返し行う数値制御方式に関し、特に、該動作におけるサーボ系の遅れを補正する方式に関する。

従来の技術

第5図(a)、(b)に示すように、ワーク30面に対し、砥石やジググラインダ等を工具軌跡31が示すように往復動作を繰返しさせて、研削盤で研削を行うスイング動作やオシレーション動作を行う場合、または、第5図(c)に示すように、ドリル33を往復動作34させて多数の穴あけ動作を行う場合に、固定サイクルによって数値制御される場合が多い。

発明が解決しようとする問題点

こうした往復動作をサーボモータで行うと、サ

ーボ遅れがあるため、工具を目標点まで移動させるためには、減速停止させる必要がある。しかし、減速停止させると加工時間が長くなるという欠点が出てくる。

第6図はこのような減速停止させる場合の移動指令35と実際のサーボモータの移動36を説明するための説明図で、縦軸に速度 V 、横軸に時間 t をとっており、設定された速度で目標点までの往動の指令35が出されると、該指令に応じて分配処理が行われ、加減速制御部で加減速制御されて、第6図破線36で示されるように、サーボ系に対して移動指令が出されることとなる。そして、往動の目標位置まで達しサーボモータが停止すると、逆転指令即ち復動の指令が出され、同様に加減速制御されてサーボモータは駆動されることとなる。このように加減速制御を行い、サーボモータを往動、復動の目標位置に減速停止させるようにすると、減速区間 a だけ加工時間が長くなることとなる。

また、加減速制御を行わない場合には、第7図

に示すように、往及び復の移動指令35に対し、サーボ遅れがあるため、サーボモータの移動は第7図破線37で示すような動きとなる。そのために、数値制御装置からサーボ回路のエラーレジスタに往動の移動指令(+)がすべて出力された後、復動の移動指令(-)が出力されると、サーボモータが追従しないため、エラーレジスタには、位置偏差量として往動のプラスの移動指令が残っているにもかかわらず、復動のマイナスの移動指令が入力されることとなり、復動のマイナスの移動指令が入力されることとなり、位置偏差量としてエラーレジスタに残っていたプラスの量が入力された復動のマイナス指令により打消され、その結果、サーボモータは指令目標位置に達する前に反転してしまうこととなる。また、復動から往動に変るときも同様なことが生じることとなる。そのため、第8図に示すように、往動の目標位置 $P1$ と復動の目標位置 $P2$ 間を工具が往復動する場合、指令軌跡38は破線で示すようになっているにもかかわらず、実際の工具軌跡39は実線で示すよ

うに目標位置 $P1$ 、 $P2$ に達する前で反転してしまうこととなる。

そこで、本願発明の目的は、往復動作の繰返し制御において、上述した従来技術の欠点を改善し、加工時間が短くて、目標位置間を往復動できるようなサーボ遅れ補正方式を提供することにある。

問題点を解決するための手段と作用

第1図は、本発明の動作原理を説明する説明図で、往復動作の繰返し指令として、速度 $+V0$ で移動量 $S0$ の往動の往動指令及び速度 $-V0$ で移動量 $S0$ の往動指令の固定サイクル指令が入力されると、数値制御装置は、速度 $+V0$ で往方向(第1図の例ではプラス方向)に移動量が $S0$ になるまでパルス分配を行う。即ち、期間 $T0$ ($=S0 \div V0$)だけパルス分配を行い、次に、速度 $-V0$ で復動作を行い、移動量が $S0$ 、即ち期間 $T0$ だけパルス分配を行うこととなるが、サーボ遅れがあるため、サーボモータの移動は第1図破線 $R V0$ で示すように指令が遅れて移動することとなる。そのため、プラス方向に速度 $V0$ の指令

が出されてから期間 $T0$ が経過し、時間 $t1$ で速度指令が $-V0$ になった時点では、サーボ回路内のエラーレジスタ内にはまだプラス方向の移動量、即ち位置偏差量が残っているにもかかわらず、マイナス方向の指令がエラーレジスタに入力される。そのため、エラーレジスタはその間にサーボモータがプラス方向に移動して減算される分と新しく入力されたマイナス方向の指令パルスによって減算され、時間 $t2$ で「0」になったとする。即ち、この時間 $t2$ で位置偏差量が「0」になったとする。このことは、プラス方向へのすべての指令量から時間 $t1$ から $t2$ 間の期間 $T0'$ に出されたマイナス方向の指令量を減算して、エラーレジスタの値(位置偏差量)が「0」になったものであるから、サーボモータはこの期間 $T0'$ のマイナス方向への移動量 $T0' \times V0 = E S0$ だけプラス方向に移動しなかったことを意味する。即ち、数値制御装置から出力された移動量に対し、サーボモータの行きたりない量を示し、サーボモータはプラス方向への目標位置より $E S0$ だけ手前か

ら引き返す現象が生じることとなる。そこで、本発明においては、次の往復動の周期においては、上記移動不足量 $ES0$ をパルス分配の周期 $T0$ で除し、この値を指令速度 $V0$ に加算して新しい送り速度 $V1$ とする。

$$V1 = V0 + (ES0 / T0)$$

この新しい送り速度 $V1$ によりプログラムで指令された周期 $T0$ でプラス、マイナスに移動指令を出し、前回と同様、指令が $+V1$ から $-V1$ に変わってからエラーレジスタの値（位置偏差量）が「0」になる期間 $T1'$ を求めると、往復動作におけるサーボモータのプラス方向への移動量 $S1$ は

$$\begin{aligned} S1 &= V1 \times T0 - T1' \times V1 \\ &= V1 \times T0 - ES1 \end{aligned}$$

となる。

そこで、プログラム指令のプラス方向への移動量（マイナス方向も移動量は同じ） $S0$ と上記速度変更したときの移動量 $S1$ との差 $S0 - S1$ が所定値以下になるまで、往復動毎に上述のように

り駆動制御されるサーボモータで、該サーボモータ3で往復動作が制御される。4は位置検出器で、サーボモータ3の位置を検出し、サーボ回路2内のエラーレジスタ21に入力されている。なお、他の軸のサーボ回路2、サーボモータ3、位置検出器4は省略している。

NC1は中央処理装置（以下、CPUという）10、制御プログラムを記憶するROM11、データの一時記憶等に利用されるRAM12、NC加工プログラムや各種パラメータを記憶する不揮発性メモリ13、サーボインターフェイス14、手操作入力装置15、NCテープよりNC加工プログラムを読むテーブリーダー16等がバス17で接続されている。そして、サーボインターフェイス14には上記サーボ回路2が接続され、該サーボインターフェイス14を介してNC1から該サーボ回路2のエラーレジスタ21へ移動指令のパルスが入力され、また、エラーレジスタ21の値はNC1によって読取れるようになっている。

次に、本実施例の動作を第3図の動作フローチ

速度変更し、所定値以下になった後は、そのときの送り速度 Vn でプログラム指令の期間 $T0$ プラス方向及びマイナス方向にパルスを分配すればサーボモータはほぼ目標位置まで往復動作を行うこととなる。

そこで、本発明は、プログラム指令より往動または復動に要する移動時間を求め、復動指令が出されてから位置偏差量がゼロになるまでの移動指令量を求め、該移動指令量に応じて次の往復動の送り速度を増加させ、上記移動時間だけ往動作、復動作を行わせ、サーボモータの往または復の移動量とプログラム指令の往または復の移動量との差が所定量より小さくなると、その後はそのときの送り速度で上記移動時間の往復動作を行わせることによってサーボ遅れ補正を行うものである。

実施例

第2図は、本発明を実施する一実施例のシステム構成の要部ブロック図で、1は数値制御装置（以下、NCという）で、2は該数値制御装置1で制御されるサーボ回路、3はサーボ回路2によ

ャートと共に説明する。

NC1は不揮発性メモリ13またはテーブリーダー16よりNC加工プログラムを読取り、上述した往復動作の固定サイクル指令が読取られると、該指令で指令された指令速度 $V0$ をレジスタVに記憶させ（ステップS1）、また、指令移動量 $S0$ （往及び復の移動量）を指令速度 $V0$ で割り、往動、復動に要する時間 $T0$ を求め、レジスタTに該時間 $T0$ を格納する（ステップS2）。そして、上記レジスタVに記憶された速度（始めはプログラム指令速度 $V0$ ）でサーボインターフェイス14を介してサーボ回路2へパルスを出し、かつ、レジスタTに格納されている往動または復動に要する時間 $T0$ をタイマーTR1にセットしスタートさせる（ステップS3）。そして、CPU10は該タイマーTR1がタイムアップしたか否かを判断する。その間、サーボ回路2のエラーレジスタ21にはレジスタVに記憶された速度でパルス分配を受け、サーボ回路2はサーボモータ3を駆動し往動させる。サーボモータ3が駆動され

ると、位置検出器4は回転を検出しパルスを発生してエラーレジスタ21から減算する。かくして、タイマーTR1がタイムアップすると(ステップS4)。CPU10はレジスタVに記憶されている速度で復方向(マイナス方向)に駆動すると共にタイマーTR1にレジスタTに記憶された時間T0をセットしスタートさせ、かつ、タイマーTR2をリセットしスタートさせる(ステップS5)。そして、CPU10はサーボ回路2のエラーレジスタ21が「0」になったか否かを監視し(ステップS6)、位置偏差量が「0」になる点、即ち第1図のt2点に達したか否かを検出し、エラーレジスタ21が「0」になると、タイマーTR2を停止させ、該タイマーTR2の値を読む(ステップS7)。該タイマーTR2は、往動作から復動作に切換わった時点(ステップS5)からの経過時間を意味しているから、第1図におけるT0'を意味する。そこで、現在の送り速度、即ちレジスタVに格納されている速度に上記タイマーTR2の値を乗じ、第1図でES0で示す、

NC1から出力された移動量に対し行きたりない量を求め、レジスタESに格納する(ステップS8)。次に、現在の送り速度(レジスタVに格納されている速度)に往動(または復動)の指令期間T0を乗じ、この値から上記レジスタESの値を減じ、得られた値をプログラムで指令された往動または復動の移動量S0から減じ、その値が所定値e1より小さいか否かを判断する(ステップS9)。即ち、現在の送り速度V(レジスタVに格納されている値であり、説明を簡単にするためにこの値も速度Vとして記す。)で期間T0間に出力された値 $V \times T0$ はNC1がエラーレジスタ21に往方向(プラス方向)に出力した値であり、そして、上記レジスタESの値は、NC1が復方向(マイナス方向)に、エラーレジスタ21が「0」になるまで出力した値であるから、サーボモータ3の実際の往方向への移動量は $(V \times T0 - ES)$ となる。この値とプログラム指令の往方向への移動量S0との差がサーボモータ3が目標値まで行きたりない分を示すこととなり、ステッ

プS9によってこの行きたりない分が所定値e1より小さくなったか否かを判断するものである。ステップS9でNOであれば、ステップS10へ進み、レジスタESの値から前回の往復動時における往動から復動に切換えられて、エラーレジスタ21が「0」になるまでに移動した量、即ちNC指令移動量に対し行きたりない量を記憶するレジスタES'の値を差引き、この値が所定値e2より小さいか否かを判断する。

始めは、レジスタES'は「0」であるからこの判断はNOとなり、ステップS13へ進む。ステップS13ではレジスタESの値をレジスタES'へ格納し、タイマーTR1がタイムアップし、復動作が終了したか否かを判断し(ステップS14)、終了すると、固定サイクル終了指令が出力されていなければ再びステップS3へ移行する。そして、前回と同様ステップS3~S9の処理を行う。そして、ステップS10で、レジスタESとレジスタES'との差が所定値e2より小さくなると、レジスタESの値を往動または復動のプ

ログラム指令期間T0で除し(ステップS11)、求められた値VをレジスタVに加算し、新しい速度Vを求める(ステップS12)。即ち、NC1からの指令移動量に対しサーボモータ3が行きたりない量ESを補正するように速度Vを速くすることとなり、そして、タイマーTR1がタイムアップし(ステップS14)、次の往復動作時にはこの新しい速度Vで期間T0間出力されるから、前回NC1からの指令に対し、サーボモータ3が行きたりなかった分だけ加算されてNC1からは移動指令が出力されることとなる。なお、ステップS10の処理は、速度変化が生じたとき、安定するまで待つために設けられたものであって、必ずしも必要なステップではない。もし、このステップ10を設けなければ、ステップS9でNOであれば、ステップS11へ移行し、ステップS11からステップS12、S14へと移行させるようにすればよい。この場合に1往復動毎に速度Vが変わることとなる。

以上の処理を繰返し、ステップS9においてプ

プログラム指令移動量 S_0 に対し、サーボモータの移動量 $(V \times T_0 - ES)$ が近づき、その差が所定値 e_1 以下になると、ステップ S_{16} へ進み、タイマー TR_1 がタイムアップしたか否かを判断し、タイムアップすると固定サイクル終了指令が入力されるまでレジスタ V に記憶されている更新された速度 V でレジスタ T に記憶された期間 T_0 で往復動を行う固定サイクルを繰返すこととなる。
(ステップ S_{17} 、 S_{18})

なお、上記実施例では、ステップ $S_5 \sim S_8$ で、復動の指令が出されてからエラーレジスタが 0 になるまでの時間をタイマー TR_2 で求め、 NC_1 から出力されたプラス方向への移動量に対し、サーボモータの行きたりない量 ES を上記タイマー TR_2 の経過時間とそのときの速度 V より求めたが、この代りにステップ S_5 で復動作を開始してからエラーレジスタが「0」になるまで、 NC_1 から出力した移動量を求めて直接 ES を求めても良い。

以上の実施例は、 NC_1 において加減速制御を

0 をセットしスタートさせ (ステップ S_{23})、タイマー TR_1 がタイムアップすると (ステップ S_{24})、レジスタ V に記憶された速度 V (以下レジスタ V に記憶された速度を V とする) で復動の脉冲を出力しタイマー TR_1 に時間 T_0 をセットし再びスタートさせ (ステップ S_{25})、サーボ回路 2 中のエラーレジスタ 21 が「0」か否かを判断する。即ち、往動の脉冲分配が行われると加減速制御部では加減速制御を行って、サーボ回路 2 中のエラーレジスタ 21 に加減速制御後の脉冲を加算することとなり、エラーレジスタ 21 には該脉冲が蓄積され、位置偏差量となり、サーボモータ 3 は駆動され往動を行う。そして、位置検出器 4 からはサーボモータ 3 の移動と共に脉冲を発生し、エラーレジスタ 21 から減算され、移動指令に対し追従することとなる。かくして、速度 V で指令期間 T_0 だけ脉冲分配が終了し、復動指令の脉冲が加減速制御部に入力され、加減速制御部からは減速制御された脉冲がエラーレジスタ 21 に入力され、その後、加減速制御

行わない場合の実施例であったが、次に、加減速制御を行う場合について、第 4 図の動作処理フローチャートと共に説明する。この場合、加減速制御部から出力される脉冲を積算して現在値を検出する加減速制御出力積算カウンタ B を利用していきたりない量 ES を求めるようにする。

まず、前述と同様、往復動作の固定サイクル指令がプログラムより読取られると、該指令で指令された指令速度 V_0 をレジスタ V に記憶させると共に往復動における往動指令位置、即ち、往動によって移動すべき目標位置をレジスタ A に記憶させる (ステップ S_{21})。次に第 3 図に示した加減速制御を行わない場合のステップ S_2 と同様にプログラムで指令された往復動位置より求められるその往復動の移動量 S_0 を指令速度 V_0 で除し、往動、復動に要する時間 T_0 をレジスタ T に格納する (ステップ S_{23})。そして、第 3 図で示した動作と同じように、レジスタ V に記憶させた速度でサーボ回路へ往動の脉冲分配を開始し、タイマー TR_1 に、レジスタ T に記憶された時間 T

部からは復動の指令 (往動指令をプラス、復動指令をマイナスとする) が出力され、エラーレジスタ 21 の値から減算されることとなる。即ち、往動指令から復動指令に切替った時点では、エラーレジスタ 21 には、始めプラスの脉冲が加算され、その後マイナスの脉冲が加算されることとなる。一方、エラーレジスタ 21 は位置検出器 4 からのフィードバックパルスにより減算されるので、該エラーレジスタ 21 はその内「0」となる。このエラーレジスタ 21 の値が「0」になるまでは、サーボモータ 3 は往動動作を行っており、エラーレジスタ 21 の値が「0」になったことは、往動動作が終了したことを意味し、かつ、このときの加減速制御回路が 1 の出力を積算する積算カウンタ B の値は、サーボモータ 3 の現在位置、即ち工具の現在位置を示すこととなる。換言すると、加減速制御回路から出力された移動指令位置を積算カウンタ B は示しており、かつ、この移動指令が加算され、エラーレジスタ 21 が「0」になったことは、サーボモータ 3 即ち工具がこの積算カウ

ンタBで示される位置に達していることを意味する。そこで、ステップS26でエラーレジスタ21が「0」になると、上記積算カウンタBの値を読取り(ステップS27)、レジスタAに記憶していた往動の指令位置(この位置をAとする)より読取った積算カウンタBの値(この値をBとする)を減算すれば、往動指令位置Aに対し、工具が行きたりない量Eを意味し、この行きたりない量をレジスタESに記憶させる(ステップS28)。次に、このレジスタESの値が所定値 e_1 より小さいか否かを判断し(ステップS29)、小さくなければ、第3図で示した処理のステップS10～S15と同じ処理ステップS30～S35の処理を行い、再びステップS23以下の処理を行う。即ち、行きたりない量Eを補正するために送り速度Vを上昇させることとなる。この点は第3図で説明した場合と同じである。又、ステップS29で行きたりない量Eが所定値 e_1 より小さい場合は、第3図のステップS16～S18と同じ処理、即ちタイマーTR1がタイムアップした後、

レジスタVに記憶されている送り速度で固定サイクルを終了指令が出されるまで続けることとなる(ステップS36～S38)。

発明の効果

以上述べたように、本発明は、サーボ遅れに依り、送り速度を増大させ、往動、復動の各々の移動指令期間はプログラムで指令される移動量と速度で決まる期間出力するようにしたから、加工時間が遅くなることはなく、かつ、目標位置間を往復し、加工残しを生じることはない。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理を説明する説明図、第2図は本発明を実施する一実施例のシステム構成図、第3図は加減速制御を行わない場合の実施例の動作フローチャート、第4図は加減速制御を行う場合の実施例の動作フローチャート、第5図(a)～(c)は本発明が適用しようとする加工の説明図、第6図は加減速制御を行った往復運動の従来の説明図、第7図は加減速制御を行わない従来の往復運動の説明図、第8図は加減速制御を行わな

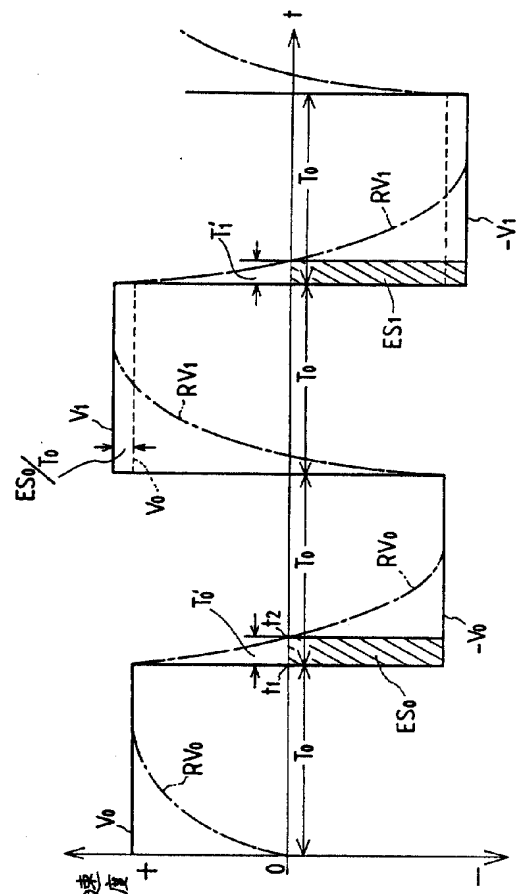
い場合の従来の往復運動の移動指令と実際の移動との関係を説明する説明図である。

1…数値制御装置、2…サーボ回路、3…サーボモータ、4…位置検出器、V0、V1…指令速度、RV0、RV1…実際のサーボモータの速度、T0…往動または復動の指令期間。

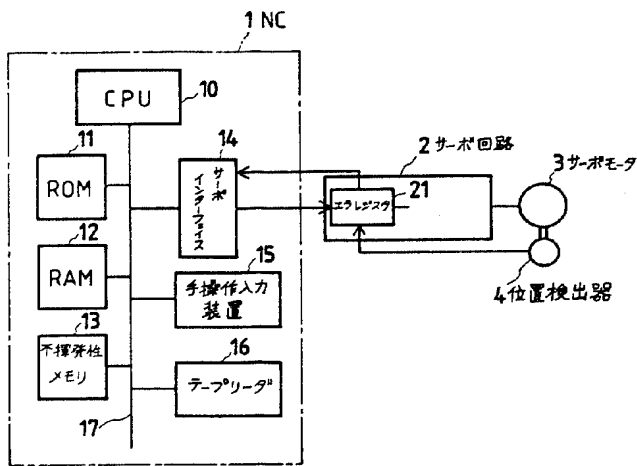
特許出願人 ファナック株式会社

代理人 弁理士 竹本松司

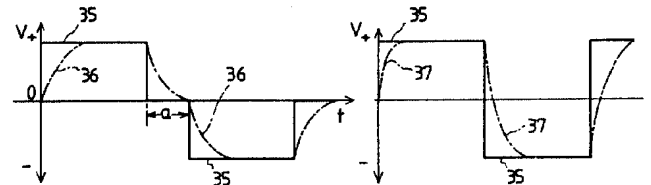
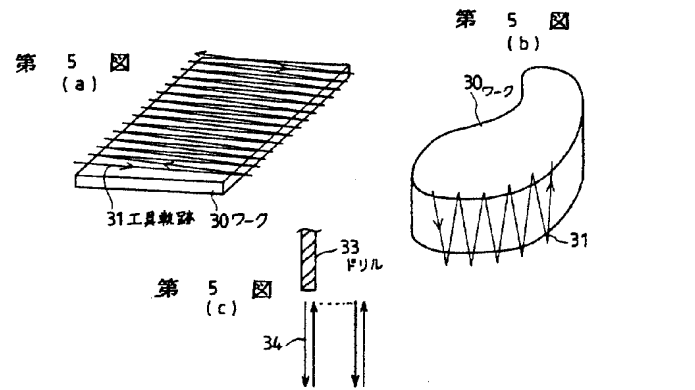
(ほか2名)



第1図

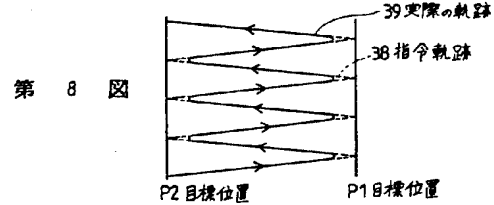


第 2 図

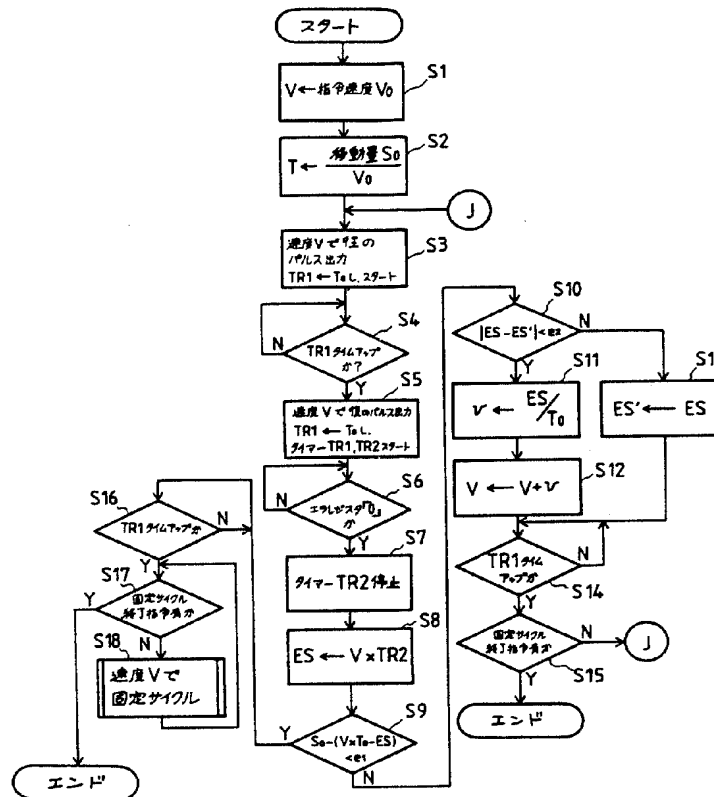


第 6 図

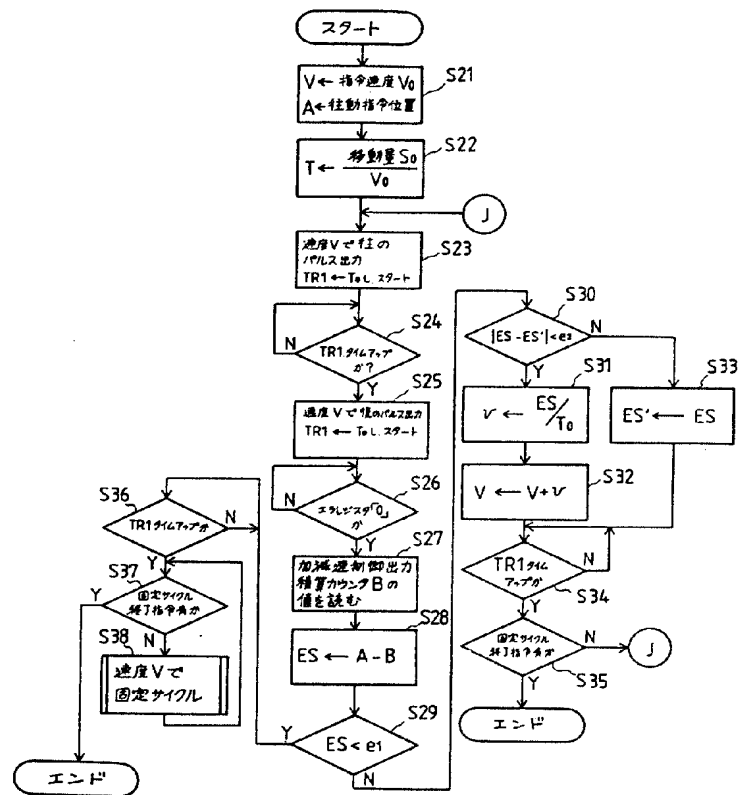
第 7 図



第 8 図



第 3 図



第 4 図